

PAT-NO: JP405249507A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 05249507 A
TITLE: OPTICAL SWITCH AND OPTICAL PATH
SWITCHING METHOD
PUBN-DATE: September 28, 1993

INVENTOR-INFORMATION:
NAME
KODA, SHIGETO

ASSIGNEE-INFORMATION:
NAME COUNTRY
NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT> N/A

APPL-NO: JP04050927
APPL-DATE: March 9, 1992

INT-CL (IPC): G02F001/31, G02B006/28 , G02F001/13
US-CL-CURRENT: 385/18

ABSTRACT:

PURPOSE: To obtain the liquid crystal optical switch of one input and multiple outputs or multiple inputs and multiple outputs without requiring costly optical parts and precise assembly stage by providing input and output waveguides and reflectors which are respectively specific.

CONSTITUTION: Light 15 of the specific wavelength entering from the input waveguide 1 transmits the liquid crystal phase as it is in liquid crystal cells 5-1, 5-2 and arrives at a liquid crystal cell 5-3 while repeating reflection on

the reflectors 12, 13. The incident light on the liquid crystal phase of the cell 5-3 is separated to right-hand circularly polarized light 16 and left-hand circularly polarized light 17. The light 16 is reflected and the light 17 is transmitted. The respective circularly polarized light beams are thereafter reflected by the reflectors 12, 13 and are rotated in the rotating direction of the circularly polarized light beams. These circularly polarized light beams are again made incident on the liquid crystal phase where the light beams are synthesized. The synthesized light is introduced to the output waveguide 2-3. The novel constitution method of the optical switch in which the combination of the selective reflection effect of the circularly polarized light occurring in the helical structure of the cholesteric phase and the cholesteric-nematic phase transition is used as the principle of optical switching is obtd. in such a manner.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-249507

(43)公開日 平成5年(1993)9月28日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/31		7246-2K		
G 0 2 B 6/28		U 7820-2K		
G 0 2 F 1/13	5 0 5	8806-2K		

審査請求 未請求 請求項の数4(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平4-50927

(22)出願日 平成4年(1992)3月9日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 幸田 成人

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

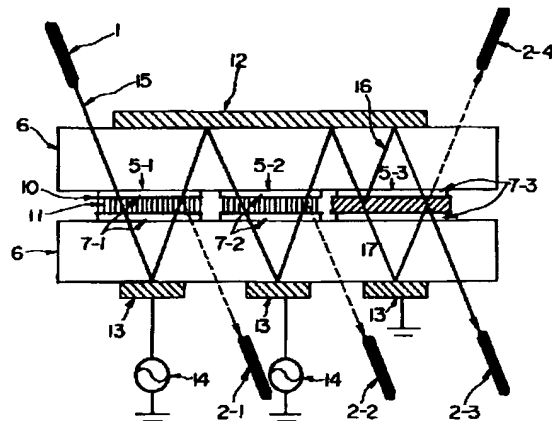
(74)代理人 弁理士 志賀 正武

(54)【発明の名称】 光スイッチ及び光路切替方法

(57)【要約】

【目的】 高価な光学部品や精密なアセンブル工程を必要とせず、1入力多出力あるいは多入力多出力の光スイッチ。

【構成】 一対の透明電極間にカイラルネマティック液晶あるいはコレステリック液晶を挟持した液晶セルが、2枚の透明基板間に複数個配列され、少なくとも1つの前記液晶セルに信号光を入射する入力導光路と、少なくとも1つの前記液晶セルから信号光を出射する出力導光路と、前記液晶セルを透過または反射した信号光の円偏光を変換し、同一液晶セル又は他の液晶セルに該信号光を再入射する反射体とを具備する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 一対の透明電極間にカイラルネマティック液晶あるいはコレステリック液晶を挟持した液晶セルが、2枚の透明基板間に複数個配列され、少なくとも1つの前記液晶セルに信号光を入射する入力導光路と、少なくとも1つの前記液晶セルから信号光を出射する出力導光路と、前記液晶セルを透過または反射した信号光の円偏光を変換し、同一液晶セル又は他の液晶セルに該信号光を再入射する反射体とを具備することを特徴とする光スイッチ。

【請求項2】 請求項1記載の光スイッチを2つ以上並列に配設してなる光スイッチアレーを複数個互いに略直交して配列して構成されることを特徴とする光スイッチ。

【請求項3】 一対の透明基板間に複数個配列された液晶セルの少なくとも1つに信号光を入射し、液晶セルを透過または反射した信号光を反射体で円偏光を変換すると共に反射して同一液晶セル又は他の液晶セルに再入射し、任意の前記液晶セルに電圧を印加することで、液晶に相転移を生じせしめ、任意の出力導光路に信号光を出射することを特徴とする光路切替方法。

【請求項4】 1つもしくは複数の信号光を光スイッチアレーに入射し、該光スイッチアレーから出射した信号光を別の光スイッチアレーに入射して任意の出力導光路から信号光を出射することを特徴とする光路切替方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光通信、光信号処理等に用いる光スイッチに関し、特に、液晶を用いた多出力の光スイッチに関する。

【0002】

【従来の技術】液晶を用いた光路切替形の光スイッチは既にいくつかの試みが周知である。それらの光路切替の原理は、大別して、

(1) TN液晶セルによる偏光面の回転効果と偏光ビームスプリッタや複屈折性を示す光学結晶とを組み合わせる光路を切り替える方法

(2) 液晶の屈折率異方性の電界制御により液晶／基板界面での全反射／透過効果を利用して光路を切り替える方法

に分けられ、代表的な実施例が次の文献に記載されている。

①上記(1)の例として、R.E.Wagner他著、Appl.Opt., 19巻(1980年)、2921頁

②上記(2)の例として、R.A.Kashnow他著、Appl.Opt., 12巻(1973年)、2309頁

【0003】しかしながら、これらの従来技術では、液晶セル以外に偏光ビームスプリッタ等の高価な光学部品

をアSEMBルする必要がある。また、多数の光学部品や光ビームの精密な位置合わせが必要なこと等、経済化、量産化を阻害する要因が多かった。

【0004】我々は最近、上記問題を解決するためにコレステリック液晶またはカイラルネマティック液晶を充填した液晶セルの光学的性質を用いた、新しい光スイッチを提案した。図3がその概念図である。図3に示す光スイッチは、対向する表面に透明電極51、52を有した二枚の透明基板53、54間に、カイラルネマティック液晶あるいはコレステリック液晶55を挟持した液晶セル50と、該液晶セル50に信号光を入出力する導光路56、57、58とを具備している。そして、透明電極51、52間に印加した電圧によりコレステリック-ネマティック相転移を制御することによって、導光路56から入射した信号光を導光路57と導光路58の間で切り替えるものである。光路切替の原理は、プレーナ配向されたコレステリック相が、特定波長領域の光に対し円偏光フィルタの役割をもつことを利用している。例えば、右旋性コレステリック相の場合には右円偏光60は反射し、左円偏光61は透過する性質を有する(図3(a))。一方、これに電界を加えて、コレステリック-ネマティック相転移を生ぜしめてネマティック相にすると、両円偏光とも透過する(図3(b))。即ち、コレステリック液晶の旋回方向と同じ方向に円偏光を信号光として入射すると、その後の光路がコレステリック相の場合は反射、ネマティック相の場合は透過となり光路切替ができる。この基本原理と円偏光の回転方向を変更する反射体62、63とを組み合わせて、非偏光入射光に対して1入力2出力(1×2)、および2入力2出力(2×2)の光スイッチを実現した。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、この光スイッチでは3個以上の出力導光路への分岐はできていなかった。N(≧3)出力のスイッチを実現するためには、1×2スイッチを縦列に接続する必要があった。しかし、多数の光スイッチを光軸を合わせながらアSEMBルすることは極めて困難であると共に、過剰損失の増加、コストの上昇等問題が多かった。

【0006】本発明は、上記問題を解決するためになされたもので、その目的は、高価な光学部品や精密なアSEMBル工程を必要とせず、1入力多出力あるいは多入力多出力の液晶光スイッチを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の光スイッチは、一対の透明電極間にカイラルネマティック液晶あるいはコレステリック液晶を挟持した液晶セルが、2枚の透明基板間に複数個配列され、少なくとも1つの前記液晶セルに信号光を入射する入力導光路と、少なくとも1つの前記液晶セルから信号光を出射する出力導光路と、前記液晶セルを透過または反射した信号光の円偏光

を変換し、同一液晶セル又は他の液晶セルに該信号光を再入射する反射体とを具備することを特徴とするものである。

【0008】請求項2記載の光スイッチは、請求項1記載の光スイッチを2つ以上並列に配設してなる光スイッチアレーを複数個互いに略直交して配列して構成されることを特徴とするものである。

【0009】請求項3記載の光路切替方法は、一対の透明基板間に複数個配列された液晶セルの少なくとも1つに信号光を入射し、液晶セルを透過または反射した信号光を反射体で円偏光を変換すると共に反射して同一液晶セル又は他の液晶セルに再入射し、任意の前記液晶セルに電圧を印加することで、液晶に相転移を生じせしめ、任意の出力導光路に信号光を出射することを特徴とするものである。

【0010】請求項4記載の光路切替方法は、1つもしくは複数の信号光を光スイッチアレーに入射し、その光スイッチアレーから出射した信号光を別の光スイッチアレーに入射して任意の出力導光路から信号光を出射することを特徴とするものである。

【0011】

【作用】前述の手段によれば、本発明の光スイッチは、円偏光分離効果を生ずるコレステリック相液晶セルと円偏光の回転方向変換手段とを組み合わせた光スイッチ部を、同一素子内に配列集積化し、かつ一部のスイッチ部の液晶をコレステリック相、他をネマティック相とすることによって、一端から入射した入力信号光を次々と隣接したスイッチ部に転送し、所望の出力導光路から出射させるようにしたものである。このように、本発明はコレステリック相のヘリカル構造に起因した円偏光の選択反射効果と、コレステリック-ネマティック相転移との組合せを光路切替の原理とした光スイッチの新しい構成法を提供しており、従来不可能であった $1 \times N$ 、あるいは $M \times N$ ($M, N \geq 3$)の光スイッチングを可能とした。

【0012】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を用いて詳細に説明する。

〔実施例1〕図1は、本発明を用いた1入力、4出力形の光スイッチの一実施例を説明する断面構成図である。符号1は入力導光路、符号2-1、2-2、2-3、2-4は出力導光路である。符号5-1、5-2、5-3はそれぞれが液晶セルであり、これは透明電極対7-1、7-2、7-3、配向膜10、コレステリック液晶あるいはカイラルネマティック液晶11からなり、透明基板6、6間に配列されている。本実施例では、各部材に使用する材料として、例えば、透明基板6には石英ガラスを、透明電極7にはスパッタ成膜したITO膜を、配向膜10には表面をラビング処理したポリイミド膜を用いた。また、コレステリック液晶材料にはPCH系のTN液晶にカイラル剤を添加しヘリカルピッチを0.2~0.8 μm

に調整した正の誘電率異方性を持つカイラルネマティック液晶を用いた。セルギャップは10 μm とした。その結果、電界非印加時にはヘリカル軸が基板界面にほぼ垂直なプレーナ配向したコレステリック相となり、基板界面から液晶内に入射した特定波長の光に対し円偏光フィルタとして働いた。この場合、右旋性カイラル剤を添加した場合は、左円偏光のみを透過し、左旋性カイラル剤を添加した場合は、右円偏光のみを透過させることができた。符号12及び13は反射体(ミラー)で、反射体12は全面に、反射体13は一部に窓の開いた構造で、それぞれ透明基板6にアルミニウムの真空蒸着で形成した。

【0013】尚、図1は、右旋性カイラルネマティック液晶を用いて作製した光スイッチにおいて、入力導光路1を出力導光路2-3に結合する状態を示す。この場合、出力導光路2-3より入力側の透明電極対7-1、7-2に交流電圧14を印加し、液晶セル5-1、5-2の液晶をコレステリック-ネマティック相転移を生じせしめ、ホメオトロピックなネマティック相とする。一方、透明電極対7-3には電圧を印加せず液晶セル5-3はプレーナ構造のコレステリック相とする。

【0014】入力導光路1から入射された特定波長の光15は、液晶セル5-1、5-2では液晶層をそのまま透過し、反射体12、13で反射を繰り返しながら液晶セル5-3に達する。液晶セル5-3の液晶相に入射した光は右円偏光16と左円偏光17に分離し、右円偏光16は反射し、左円偏光17は透過する。その後それぞれの円偏光は反射体12、13で反射し、円偏光の回転方向が逆転し、再び液晶相に入射して合波され、出力導光路2-3に導かれる。同様に、液晶セルの相状態を変えることにより他の出力導光路に導くことも可能であることは容易に理解できる。

【0015】本実施例では、4出力の例を示したが、同様の原理により出力数を拡大、縮小できることは当然である。また、右旋性カイラルネマティック液晶を用いたが、左旋性カイラルネマティック液晶を用いても、またはカイラルネマティック液晶の代わりにコレステリック液晶を用いても光路切替の原理に何も変わるところはない。また、負の誘電率異方性を持つ液晶を用いて、ホメオトロピック配向した液晶セルを用いてもよい。この場合は、電界非印加時にはネマティック相となっており、電圧を印加するとネマティック-コレステリック相転移を生じコレステリック相に変化する。即ち、円偏光の反射と透過の電圧に対する関係は前述の説明と逆になるが、光路切替の原理は同じである。また、これらの相転移を生じさせる力として、電界以外に磁界を用いることも可能である。さらに、2周波駆動用のカイラルネマティック液晶あるいはコレステリック液晶を用いれば、周波数を変化させることで相転移を生じせしめることができ切替の高速度も可能である。また、入射用導光路として光ファ

5

イバや空間ビームや各種の光導波路を用い、本光スイッチと結合することもできる。また、反射体の配置を変えることによって、出射光の方向や取り出し位置を変えることも可能である。更に、反射の繰り返しを利用して入射光を所定の位置まで導き、その位置の液晶セルの状態を制御することによって、光を外部に取り出す光導波路の役割をもたすこともできる。

【0016】〔実施例2〕図2は、実施例1の1×N (N=3) の光スイッチを更に配列して、M×Nの光スイッチの構成を示している。図2ではM=3、N=3の例を示す。符号20は同一基板上に形成された3個の1×3の光スイッチ21-1〜3からなる光スイッチアレーであり、3個の入力導光路22-1〜3と、3×3マトリクス出力導光路23を備えている。符号24は同一基板上に形成された3個の1×3の光スイッチ25-1〜3からなる光スイッチアレーである。この光スイッチアレー24は、入出力端子を光スイッチアレー20に対して回転させて、3×3マトリクスを入力導光路26とし、3個の出力導光路27-1〜3を備えている。即ち、図2に示す光スイッチは、図1に示した光スイッチを3個並列に配設してなる光スイッチアレーをさらに配列して構成されるものである。光スイッチアレー20は、入射並行光線の進行方向zに対して、実施例1で述べたスイッチング作用がx方向に生じるように、x軸に対して所定の角度に傾けて設置する。光スイッチアレー24は、同様に、スイッチング作用がy方向に生じるように、y軸に対して所定の角度に傾けて設置する。また、マトリクス出力導光路23とマトリクス入力導光路26が互いに重なるように設置する。このようにすると、例えば、光スイッチアレー20の3入力位置22-1〜3に対し、出力導光路を光マトリクス23の第2、第3、第1列に結合させるとすると、更にこれらの光路と、光スイッチアレー24の出力導光路の27-2、27-3、27-1に結合すれば、3個の入力のシフトが可能となる。同様の入力の切替は、全てのパターンに対して可能であり、完全結合形の多入力多出力のスイッチが実現できることは当然である。

【0017】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は高価な光

6

学部品や精密なアセンブル工程を必要とせず、1入力多出力あるいは多入力多出力の液晶光スイッチを提供することができる。その結果、量産化に適し、経済的な光スイッチを実現できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の基本となる1入力、多出力形の光スイッチの一実施例を説明する断面構成図である。

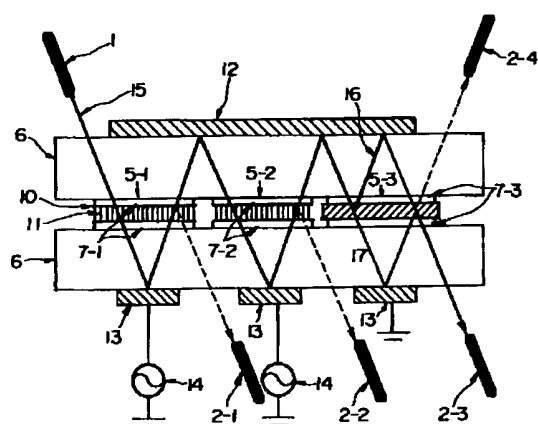
【図2】本発明の別の実施例であって、実施例1を応用して多入力光を切り替える多入力、多出力の光スイッチの構成図である。

【図3】従来例の液晶光スイッチの構成図である。

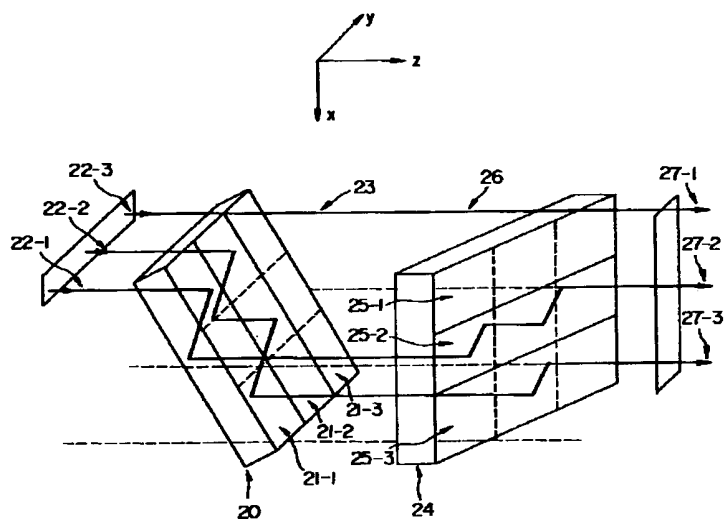
【符号の説明】

- 1 入力導光路
- 2 出力導光路
- 5 液晶セル
- 6 透明基板
- 7 透明電極
- 11 液晶
- 12 反射体
- 13 反射体
- 20 光スイッチアレー
- 21 光スイッチ
- 22 入力導光路
- 23 出力導光路
- 24 光スイッチアレー
- 25 光スイッチ
- 26 入力導光路
- 27 出力導光路
- 50 液晶セル
- 51 透明電極
- 52 透明電極
- 53 透明基板
- 54 透明基板
- 55 液晶
- 56 導光路
- 57 導光路
- 58 導光路
- 62 反射体
- 63 反射体

【図1】



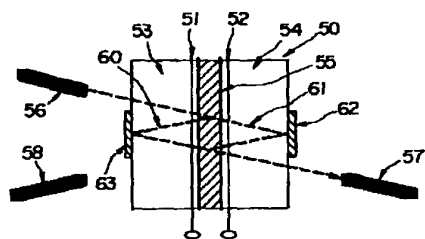
【図2】



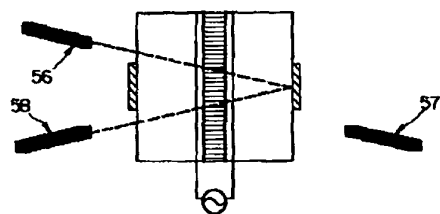
(6)

特開平5-249507

【図3】



(a)



(b)